

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

日 本 国 特 許  
JAPAN PATENT OFFICE

J1017 U.S. PTO  
10/029204

12/28/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-402774

出 願 人

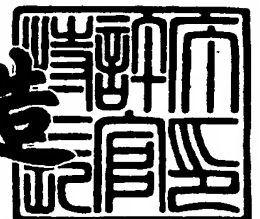
Applicant(s):

昭和電工株式会社  
株式会社東芝

2001年10月 1日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3089790

【書類名】	特許願
【整理番号】	11H120262
【提出日】	平成12年12月28日
【あて先】	特許庁長官殿
【国際特許分類】	G11B 5/66
【発明の名称】	磁気記録媒体、その製造方法および磁気記録再生装置
【請求項の数】	21
【発明者】	
【住所又は居所】	千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電工エイチ・デ ィー株式会社内
【氏名】	清水 謙治
【発明者】	
【住所又は居所】	千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電工エイチ・デ ィー株式会社内
【氏名】	酒井 浩志
【発明者】	
【住所又は居所】	神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社東芝 柳町 工場内
【氏名】	彦坂 和志
【発明者】	
【住所又は居所】	神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社東芝 柳町 工場内
【氏名】	中村 太
【特許出願人】	
【識別番号】	000002004
【氏名又は名称】	昭和電工株式会社
【特許出願人】	
【識別番号】	000003078
【氏名又は名称】	株式会社東芝

【代理人】

【識別番号】 100064908

【弁理士】

【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】 100108578

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100089037

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100094400

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 三義

【選任した代理人】

【識別番号】 100107836

【弁理士】

【氏名又は名称】 西 和哉

【選任した代理人】

【識別番号】 100108453

【弁理士】

【氏名又は名称】 村山 靖彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704938

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気記録媒体、その製造方法および磁気記録再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 非磁性基板上に、少なくとも軟磁性下地膜と、直上の膜の配向を制御するための配向制御膜と、磁化容易軸が前記非磁性基板に対して主に垂直に配向した垂直磁性膜とを順次備え、

前記軟磁性下地膜が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層と、該軟磁性層の間に挟まれた 1 層以上の分離層とを有する多層構造をなしており、前記軟磁性層のうち少なくとも 1 層以上が非磁壁構造材料からなることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 2】 非磁壁構造材料が、FeAlSi、FeTa<sub>N</sub>、FeTaC、FeAlSi 系合金、FeTa<sub>N</sub> 系合金、FeTaC 系合金から選ばれるいずれか 1 種からなることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 3】 分離層がRu、Rh、Re、Ir、Cuから選ばれる 1 種又は 2 種以上の元素を 50 at % 以上含むことを特徴とする請求項 1 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 4】 分離層が、該分離層を挟む上下の軟磁性層とは異なる軟磁性材料からなることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 5】 軟磁性層一層あたりの飽和磁束密度  $B_s$  (T) と、該軟磁性層の膜厚  $t$  (nm) の積  $B_s \cdot t$  (T · nm) が、3 (T · nm) 以上であることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 6】 軟磁性層の飽和磁束密度が、0.4 T 以上であることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 7】 軟磁性下地膜の膜厚が、40 nm 以上であることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 8】 分離層の膜厚が、0.1 nm 以上 5 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 9】 分離層を挟んだ上下の軟磁性層の組のうち、上下軟磁性層の有する磁化の向きが異なっている組が、少なくとも 1 組以上あることを特徴とす

る請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 1 0】 分離層を挟んだ上下の軟磁性層の磁化の向きが反平行になっている組が、少なくとも 1 組以上あることを特徴とする請求項 9 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 1 1】 軟磁性層の磁化方向が基板半径方向の外周向きあるいは中心向きのいずれかであることを特徴とする請求項 1 0 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 1 2】 非磁性基板と軟磁性下地膜の間に硬磁性層が設けられており、該硬磁性層の磁化方向が基板半径方向の外周向きあるいは中心向きのいずれかであり、軟磁性下地膜の最下層に設けられた軟磁性層と交換結合していることを特徴とする請求項 1 ないし 1 1 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 1 3】 軟磁性下地膜の最下層が、FeAlSi、FeTa<sub>2</sub>N、FeTaC、FeAlSi 系合金、FeTa<sub>2</sub>N 系合金、FeTaC 系合金から選ばれるいずれか 1 種の軟磁性材料からなることを特徴とする請求項 1 ないし 1 2 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 1 4】 軟磁性下地膜の最上層が、前記軟磁性層であることを特徴とする請求項 1 ないし 1 3 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 1 5】 軟磁性下地膜の垂直磁性膜側の表面の一部または全面が酸化されていることを特徴とする請求項 1 ないし 1 4 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 1 6】 非磁性基板上に、少なくとも軟磁性下地膜と、直上に形成される膜の配向性を制御するための配向制御膜と、磁化容易軸が前記非磁性基板に対して主に垂直に配向した垂直磁性膜とを成膜法により積層形成する磁気記録媒体の製造方法であって、

前記軟磁性下地膜が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層と、該軟磁性層の間に挟まれた 1 層以上の分離層を有する多層構造をなしており、前記軟磁性層のうち少なくとも 1 層以上が非磁壁構造材料からなることを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 1 7】 非磁壁構造材料が、FeAlSi、FeTa<sub>2</sub>N、FeTaC、FeAlSi 系合金、FeTa<sub>2</sub>N 系合金、FeTaC 系合金から選ばれるい

ずれか 1 種からなることを特徴とする請求項 1 6 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 1 8】 軟磁性層の磁化方向が基板半径方向の外周向きあるいは中心向きのいずれかであることを特徴とする請求項 1 6 または 1 7 に記載の磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 1 9】 軟磁性下地膜を形成した後、該軟磁性下地膜の表面を酸化させる工程を含むことを特徴とする請求項 1 6 ないし 1 8 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 2 0】 少なくとも非磁性基板と、軟磁性下地膜と、直上の膜の配向を制御するための配向制御膜と、磁化容易軸が前記非磁性基板と主に垂直に配向した垂直磁性膜とを有する磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に対して情報の記録再生を行う磁気ヘッドとを備え、

磁気記録媒体の軟磁性下地膜が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層と、該軟磁性層の間に挟まれた 1 層以上の分離層とを有する多層構造を成しており、前記軟磁性層のうち少なくとも 1 層以上が非磁壁構造材料からなることを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項 2 1】 非磁壁構造材料が、FeAlSi、FeTa<sub>2</sub>N、FeTaC、FeAlSi 系合金、FeTa<sub>2</sub>N 系合金、FeTaC 系合金から選ばれるいずれか 1 種からなることを特徴とする請求項 2 0 に記載の磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜を有する磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

現在市販されている磁気記録媒体は、磁性膜内の磁化容易軸が主に基板に対し水平に配向した面内磁気記録媒体がほとんどである。

面内磁気記録媒体において、高記録密度化を実現するには、磁性粒子を小粒径化しノイズ低減を図ることが必要となるが、磁性粒子の粒径を小さくすると、こ



の粒子の体積が小さくなるため、熱揺らぎに起因する再生特性の悪化が生じやすくなる。また記録密度を高めた際に、記録ビット境界での反磁界の影響により媒体ノイズが増加することがある。

これに対し、磁性膜内の磁化容易軸が主に基板に対し垂直に配向した、いわゆる垂直磁気記録媒体は、高記録密度化した場合でもビット境界での反磁界の影響が小さく、境界が鮮明な記録磁区が形成されるため低ノイズ化が可能である。

さらに、垂直磁気記録媒体は、比較的磁性粒子の体積が大きくても高記録密度化が可能であるため熱揺らぎ耐性を高めることができることから、近年大きな注目を集めている。例えば、特開昭60-214417号公報には、Co合金からなる垂直磁性膜の下地膜の材料としてGe、Siを用いた垂直磁気記録媒体が開示されている。

#### 【0003】

特に、軟磁性下地膜が設けられた垂直2層媒体は、単磁極ヘッドと組み合わせることにより、効率の良い記録再生ができる。しかし、この2層媒体を用いる場合、軟磁性下地膜の磁壁からスパイク状ノイズが観察され、エラーレートを悪化させる。このような問題点を解決するために、特開平7-129946号公報には、基板と軟磁性下地膜との間に硬磁性下地膜を設けることによりスパイク状ノイズを低減する方法が開示されている。また、特願平10-214719号公報には、軟磁性下地膜としてMn系反強磁性材料を用いることにより、上記スパイク状ノイズを低減する方法が開示されている。あるいはまた、特開平11-149628号公報には、磁壁を形成しない非磁壁構造を有する裏打ち層を形成することにより上記スパイクノイズの発生を抑える方法が開示されている。

#### 【0004】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特開平7-129946号公報に記載の方法では、硬磁性下地膜が100nm以上必要とされており、このような厚さの膜を形成するためには成膜時間が極めて長くなるため生産性において実用的ではない。また、硬磁性下地膜に起因するノイズを磁気ヘッドが検知し、エラーレートが不十分になる等の問題が生じる。また、特願平10-214719号公報に記載の方法では、上記

Mn系反強磁性材料を成膜後、磁場中でのアニールが必要であり、このアニール工程が追加されることと、アニール時間が極めて長いことから量産性が悪化する等の問題が生じる。そして、特開平 1 1 - 1 4 9 6 2 8 号公報に記載の方法では、裏打ち層の膜厚を大きくするにつれて、媒体ノイズが大きくなり、エラーレートが悪化するという問題が生じる。

【 0 0 0 5 】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、スパイクノイズを防止して、エラーレートを向上させた磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、本発明は以下の構成を採用した。

本発明の磁気記録媒体は、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性下地膜と、直上の膜の配向を制御するための配向制御膜と、磁化容易軸が前記非磁性基板に対して主に垂直に配向した垂直磁性膜とを順次備え、前記軟磁性下地膜が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層と、該軟磁性層の間に挟まれた 1 層以上の分離層とを有する多層構造を成しており、前記軟磁性層のうち少なくとも 1 層以上が非磁壁構造材料からなることを特徴とする。

【 0 0 0 7 】

このような構成とすることにより、軟磁性下地膜の面内に巨大な磁区が形成されるのを防いで、エラーレートを向上させることができる。

【 0 0 0 8 】

次に、本発明の磁気記録媒体は、非磁壁構造材料が、FeAlSi、FeTa<sub>N</sub>、FeTaC、FeAlSi系合金、FeTa<sub>N</sub>系合金、FeTaC系合金から選ばれるいずれか 1 種からなることを特徴とする。

次に、本発明の磁気記録媒体は、前記分離層がRu、Rh、Re、Ir、Cuから選ばれる 1 種又は 2 種以上の元素を 5 0 a t % 以上含むことを特徴とする。

次に、本発明の磁気記録媒体は、前記軟磁性層一層あたりの飽和磁束密度  $B_s$  (T) と、該軟磁性層の膜厚  $t$  (nm) の積  $B_s \cdot t$  (T · nm) が、3 (T ·

n m) 以上であることを特徴とする。

次に、本発明の磁気記録媒体は、前記軟磁性層の飽和磁束密度が、0.4 T 以上であることを特徴とする。

次に、本発明の磁気記録媒体は、前記軟磁性下地膜の膜厚が40 nm 以上であることを特徴とする。

次に、本発明の磁気記録媒体は、前記分離層の膜厚が、0.1 nm 以上5 nm 以下であることを特徴とする。

次に、本発明の磁気記録媒体は、分離層を挟んだ上下の軟磁性層の組のうち、上下軟磁性層の有する磁化の向きが異なっている組が、少なくとも1組以上あることを特徴とする。

次に、本発明の磁気記録媒体は、分離層を挟んだ上下の軟磁性層の磁化の向きが反平行になっている組が、少なくとも1組以上あることを特徴とする。

次に、本発明の磁気記録媒体は、軟磁性下地膜の最下層が、FeAlSi、FeTa<sub>2</sub>N、FeTaC、FeAlSi系合金、FeTa<sub>2</sub>N系合金、FeTaC系合金から選ばれるいずれか1種の軟磁性材料からなることを特徴とする。

次に、本発明の磁気記録媒体は、前記軟磁性下地膜の最上層が、前記軟磁性層であることを特徴とする。

次に、本発明の磁気記録媒体は、前記軟磁性下地膜の垂直磁性膜側の表面の一部または全面が酸化されていることを特徴とする。

#### 【0009】

上記のような構成とすることにより、前記軟磁性下地膜を最適化することができるので、巨大な磁区の生成を抑制することができるとともに、記録再生特性に優れる磁気記録媒体が得られる。

#### 【0010】

次に、本発明の磁気記録媒体の製造方法は、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性下地膜と、配向制御膜と、磁化容易軸が前記非磁性基板に対して主に垂直に配向した垂直磁性膜とを成膜法により積層形成する磁気記録媒体の製造方法であって、前記軟磁性膜が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層と、該軟磁性層の間に挟まれた1層以上の分離層を有する多層構造をなしており、前記軟磁性層のうち

少なくとも1層以上が非磁壁構造材料からなることを特徴とする。

このような構成とすることにより、巨大な磁区の生成を防止して、スパイクノイズを抑制した磁気記録媒体を容易に製造することができる。

【0011】

次に、本発明の磁気記録媒体の製造方法は、非磁壁構造材料が、FeAlSi、FeTa<sub>2</sub>N、FeTaC、FeAlSi系合金、FeTa<sub>2</sub>N系合金、FeTaC系合金から選ばれるいずれか1種からなることを特徴とする。

次に、本発明の磁気記録媒体の製造方法は、前記軟磁性下地膜の表面を酸化させる工程を含むことを特徴とする。

このような構成とすることにより、記録再生特性に優れる磁気記録媒体を容易に製造することができる。

【0012】

次に、本発明の磁気記録再生装置は、少なくとも非磁性基板と、軟磁性下地膜と、直上の膜の配向を制御するための配向制御膜と、磁化容易軸が前記非磁性基板と主に垂直に配向した垂直磁性膜とを有する磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に対して情報の記録再生を行う磁気ヘッドとを備え、前記磁気記録媒体の軟磁性下地膜が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層と、該軟磁性層の間に挟まれる1層以上の分離層とを有する多層構造を成しており、前記軟磁性層のうち少なくとも1層以上が非磁壁構造材料からなることを特徴とする。

このような構成とすることにより、スパイクノイズの発生を抑えて記録再生時のエラーレート低下を防止することができるので、高密度の情報の記録再生が可能な磁気記録再生装置が得られる。

【0013】

次に、本発明の磁気記録再生装置は、非磁壁構造材料が、FeAlSi、FeTa<sub>2</sub>N、FeTaC、FeAlSi系合金、FeTa<sub>2</sub>N系合金、FeTaC系合金から選ばれるいずれか1種からなることを特徴とする。

このような構成とすることにより、記録再生特性に優れる磁気記録再生装置とすることができる。

【0014】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

## (第 1 の実施形態)

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態である磁気記録媒体の構成を模式的に示す断面構成図である。図 1 に示すように、本実施の形態の磁気記録媒体は、非磁性の基板 1 上と、この基板 1 上に形成された軟磁性下地膜 2 と、配向制御膜 3 と、垂直磁性膜 4 と、保護膜 5 と、潤滑膜 6 とを備えて構成されている。

基板 1 としては、磁気記録媒体用基板として一般に用いられている Ni P メッキ膜を有するアルミニウム合金基板のほか、ガラス基板（結晶化ガラス、強化ガラスなど）、セラミックス基板、カーボン基板、シリコン基板、シリコンカーバイド基板などを用いることが可能であり、あるいはこれらの基板に Ni P 膜をメッキあるいはスパッタ法などにより形成した基板などを用いてもよい。

## 【0015】

軟磁性下地膜 2 は、情報を記録する垂直磁性膜 4 の磁化をより強固に基板 1 と垂直な方向に固定するために設けられているものである。この作用は特に、記録再生用の磁気ヘッドとして垂直記録用の単磁極ヘッドを用いる場合により顕著なものとなる。図 2 に一般的な構成の単磁極ヘッドの構成図を示す。この図に示すように単磁極ヘッド 10 は、磁極 11 と、コイル 12 とから概略構成されている。磁極 11 は、側面視略コ字状を成して構成されており、細く形成されている側が記録再生部である主磁極 13 とされ、他方が補助磁極 14 とされている。そして、主磁極 13 は、記録時に磁気記録媒体の垂直磁性膜に印加される磁界を発生し、再生時には垂直磁性膜からの磁束を検出するようになっている。

## 【0016】

上記の単磁極ヘッド 10 を用いて、図 1 に示す磁気記録媒体への記録時に主磁極 13 の先端から発せられた磁束は、磁気記録媒体の垂直磁性膜 4 を基板 1 と垂直な方向に磁化させる。ここで図 1 に示す磁気記録媒体には軟磁性下地膜 2 が設けられているので、単磁極ヘッド 10 の主磁極 13 からの磁束は、垂直磁性膜 4、軟磁性下地膜 2 を通じて補助磁極 14 へと導かれ、閉磁路を形成する。このような閉磁路が単磁極ヘッド 10 と磁気記録媒体との間に形成されることにより、

磁束の出入りの効率が増して、高密度の記録再生が可能になる。尚、軟磁性膜 2 と補助磁極 14 との間の磁束は、主磁極 13 と軟磁性膜 2 との間の磁束とは逆向きになるが、補助磁極 14 の面積は主磁極 13 に比べて十分に広いので、補助磁極 14 からの磁束密度は十分に小さくなり、この補助磁極 14 からの磁束により垂直磁性膜 4 の磁化が影響を受けることはない。

## 【0017】

本実施形態の軟磁性下地膜 2 は、図 1 に示すように軟磁性材料からなる 2 層の軟磁性層 21 (a)、21 (b) と、これら軟磁性層 21 (a)、21 (b) に挟まれた分離層 22 とから構成される多層構造をなしており、軟磁性層 21 (a) は、非磁壁構造材料からなる層である。尚、本実施形態では軟磁性層 21 (a) のみを非磁壁構造材料からなる層としたが、軟磁性層 21 (b) のみ、あるいは軟磁性層 21 (a)、21 (b) の両方を非磁壁構造材料からなる層とした構成も適用可能であることはもちろんである。

非磁壁構造材料としては、FeAlSi 合金、FeTa<sub>2</sub>N 合金、FeTaC 合金、またはこれらの合金を主成分としたものを挙げることができる。例えば、上記の合金に Co、Ni、Ru、Si、N、O、B、C、Hf を 10 at % 以下（好ましくは 7 at % 以下、さらに好ましくは 5 at % 以下）添加した材料を用いることができる。

## 【0018】

上記軟磁性層 21 (b) を構成する材料としては、Fe を 60 原子% 以上含有する Fe 合金を用いることができる。具体的には、特に限定されるものではないが、FeCo 系合金 (FeCo、FeCoV など)、FeNi 系合金 (FeNi、FeNiMo、FeNiCr、FeNiSi など)、FeAl 系合金 (FeAl、FeAlSi、FeAlSiCr、FeAlSiTiRu など)、FeCr 系合金 (FeCr、FeCrTi、FeCrCu など)、FeTa 系合金 (FeTa、FeTaC など)、FeC 系合金、FeN 系合金、FeSi 系合金、FeP 系合金、FeNb 系合金、FeHf 系合金、などを挙げることができる。

また、上記軟磁性層 21 (b) には、FeAlO、FeMgO、FeTa<sub>2</sub>N、FeZrN などの微細結晶、あるいは微細な結晶粒がマトリクス中に分散された

グラニューラー構造を有する膜を用いることができる。

軟磁性層 21 (b) には、上記のほか Co を 80 原子% 以上含有し、Zr、Nb、Ta、Cr、Mo 等のうち少なくとも 1 種以上を含有する Co 合金を用いることができる。例えば、CoZr、CoZrNb、CoZrTa、CoZrCr、CoZrMo などを好適なものとして挙げるができる。また、軟磁性層 21 は、アモルファス構造のものも挙げるができる。

#### 【0019】

軟磁性層 21 (a)、21 (b) は、その飽和磁束密度が 0.4 T 以上の範囲であることが好ましい。これは、飽和磁束密度が 0.4 T より小さい場合には再生波形の制御効果を十分に得られないためである。また、軟磁性下地膜 2 の保磁力は可能な限り小さくすることが好ましいが、実用的には 200 (Oe) ( $15.8 \times 10^3 \text{ A/m}$ ) より小さくすればよく、50 (Oe) 以下とされることが好ましい。

軟磁性層 21 (a)、21 (b) の一層あたりの膜厚は、この軟磁性層 21 (a)、21 (b) を構成する材料の飽和磁束密度によって最適な厚さとされる。具体的には、軟磁性層 21 (a)、21 (b) を構成する材料の飽和磁束密度  $B_s$  (T) と、その膜厚  $t$  (nm) の積である  $B_s \cdot t$  (T·nm) が、3 (T·nm) 以上の範囲 (好ましくは 10 (T·nm) 以上 130 (T·nm) 以下、より好ましくは 15 (T·nm) 以上 100 (T·nm) 以下) とすることが好ましい。すなわち、 $B_s \cdot t$  を 40 (T·nm) とするならば、飽和磁束密度が 1 (T) の軟磁性材料を用いる場合には、軟磁性層 21 の一層あたりの膜厚は 40 (nm) とすればよい。

軟磁性層 21 (a)、21 (b) の膜厚を上記範囲の上限を超えて厚くすると、軟磁性層 21 (a)、21 (b) の内部の反磁界が大きくなり、特に基板外端部または内端部に磁区を形成するため好ましくない。また、上記範囲の下限を超えて薄くすると裏打ち層として機能しなくなり、磁気ヘッドとの間の磁束の出入りの効率が低下して垂直磁性膜 4 への記録が不十分になる可能性がある。

#### 【0020】

分離層 22 は、この分離層 22 を挟んで積層された軟磁性層 21 (a)、21

(b) が協働して巨大な磁区を形成するのを防止するために設けられている。分離層 2 2 に用いることができる材料としては、軟磁性層 2 1 (a)、(b) とともに反強磁性結合構造を形成することができる材料を用いることができる。具体的な材料としては、Ru、Rh、Re、Ir、Cuなどを挙げることができる。

また、分離層 2 2 には、上記のほか、軟磁性層 2 1 (a)、2 1 (b) を構成する材料とは異なる軟磁性材料を用いることが可能であり、このような構成とした場合も、軟磁性層 2 1 (a)、2 1 (b) が巨大な磁区を形成するのを防ぐことができる。具体的には、上記に挙げた軟磁性層 2 1 (a)、2 1 (b) に用いることができる材料ならば全て適用することが可能であり、軟磁性層 2 1 (a)、2 1 (b) に用いられる材料によって適宜最適なものを用いればよい。例えば、軟磁性層 2 1 (a) として FeAlSi を用い、軟磁性層 (b) として FeB を用いるならば、分離層 2 2 は CoZrNbN を用いて構成すればよい。

#### 【0021】

分離層 2 2 の膜厚は、分離層 2 2 を構成する材料によって適宜最適な膜厚とすればよいが、0.1 nm 以上 5 nm 以下（より望ましくは 0.1 nm 以上 2 nm 以下）の範囲とすることが好ましい。膜厚がこの範囲を超えると、軟磁性層 2 1 (a)、2 1 (b) が巨大な磁区を形成して記録再生時にスパイクノイズが発生する、また、分解能が低下して高密度記録が困難になるといった問題がある。

特に、分離層 2 2 として上記反強磁性結合構造を形成する材料を用いる場合には、その材料によって最適な膜厚が限定される。例えば、分離層 2 2 として Ru を用いる場合には、その膜厚は 0.4 nm または 0.8 nm とされる。これは、Ru のような反強磁性材料が、それぞれの材料に固有の膜厚のときのみ反強磁性結合構造を形成するためであり、それ以外の膜厚では反強磁性結合構造を形成しないか、あるいは十分な効果が得られないためである。

#### 【0022】

また、上記軟磁性下地膜 2 と基板 1 との間には、面内磁気異方性を有する硬磁性材料からなる硬磁性膜を設けることもできる。このような構成とするならば、軟磁性下地膜 2 が積層構造となっており、反強磁性結合構造を有する構成となっているので、より効果的に軟磁性下地膜 2 における巨大な磁区の生成を抑えるこ



とができる。

これにより磁壁によるスパイクノイズの発生を防止して、記録再生時のエラーレートを十分に低くすることができるので、高密度記録が可能な磁気記録媒体とすることができる。

上記硬磁性膜に用いる材料としては、遷移金属と希土類元素の合金からなる磁性材料を用いることが好ましく、具体的には、特に限定されるものではないが、CoSm系合金やCoCr系合金などを挙げることができる。また、この硬磁性膜は、軟磁性下地膜2を構成する軟磁性層21が基板半径方向の磁壁を形成しないようにするため、軟磁性下地膜2を構成する最下層と上記硬磁性材料が強く交換結合しており、基板中心から放射状に磁化されていることが好ましい。軟磁性下地膜2を構成する最下層と上記硬磁性膜が強く交換結合しており、基板半径方向の外周向きあるいは中心向きのいずれかに磁化されていることが好ましい。このようにすることにより、ヘッド走行方向の透磁率が向上するので、記録再生特性を改善することができる。

#### 【0023】

配向制御膜3は、後述する垂直磁性膜4の配向性や粒径を制御するために設けられており、hcp構造材料やfcc材料、あるいはB2構造とhcp構造材料やfcc構造材料の積層構造、アモルファス構造の材料を用いることができる。具体的には、特に限定されるものではないが、B2構造のものとしてNiAl、FeAl、CoFe、CoZr、NiTi、AlCoなどを挙げることができる。また、hcp構造のものとして、Ti、Zr、Y、Zn、Ru、Re、Hfなどを挙げることができる。また、fcc構造材料のものとして、Ni、Pd、Pt、Al、Cu、Ag、Irなどを挙げることができる。あるいは、上記の材料に、その構造が変化しない程度に他の元素(Cr、Mo、Si、Mn、W、Nb、Ti、Zr、B、C、N、Oからなる群から選ばれる1種または2種以上の元素)を添加してもよい。

また、アモルファス構造のものとしては、C、Si、Co等や、これらの合金を挙げることができる。

#### 【0024】

本発明の磁気記録媒体は、軟磁性下地膜 2 と、垂直磁性膜 4 との間に上記配向制御膜 3 を設けることにより、垂直磁性膜 4 を構成する結晶粒の微細化と、その垂直配向性の向上を実現している。その結果、本発明の磁気記録媒体は、ノイズ特性に優れ、かつ高出力である高密度記録に適した特性を有するものとなっている。

配向制御膜 3 の膜厚は、厚すぎると分解能が低下するので、50 nm 以下（より好ましくは 30 nm 以下）であるのが好ましい。膜厚が上記範囲を超えると、記録再生時における磁気ヘッドと軟磁性下地膜 2 との距離が大きくなり、再生信号の分解能が低下し、記録再生特性が劣化するため好ましくない。また、膜厚を薄くする場合には、上記の材料がその構造を保持できる範囲であれば特に限定されないが、実用的には 1 nm 以上とすることが好ましい。

#### 【0025】

垂直磁性膜 4 には、Co 合金を用いることが好ましい。例えば、CoCrPt 合金や CoPt 合金、あるいはこれらの合金に Ta、Zr、Nb、Cu、Re、Ru、V、Ni、Mn、Ge、Si、B、O、N などから選ばれる少なくとも 1 種または 2 種以上の元素を添加した合金を用いることができる。

また、垂直磁性膜 4 は Co 単体あるいは Co 合金と、Pt または Pd との積層構造とすることが出来る。この Co 合金には、上記の CoCrPt 系合金や CoPt 系合金などを用いることができる。特に、垂直磁気異方性を高めるために、Pt 含有量 8～24 at % の CoCrPt 系合金を用いるのが好ましい。

上記に挙げた Co 合金や、積層構造型の垂直磁性膜はいずれも多結晶膜を構成するが、本発明の磁気記録媒体は、非晶質構造の垂直磁性膜を適用することもできる。具体的には、特に限定されるものではないが、TbFeCo 系合金などの希土類元素を含む合金を用いることができる。

#### 【0026】

垂直磁性膜 4 を上記の遷移金属（Co、Co 合金）と貴金属元素（Pt、Pd など）の多層構造とする場合には、貴金属元素からなる層は 0.4 nm 以上、1.4 nm 以下の範囲とされることが好ましい。これは、層厚が 0.4 nm より小さくなると、保磁力（H<sub>c</sub>）や逆磁区核生成磁界（H<sub>n</sub>）が低下するとともにそ

の層厚の制御が困難になるためであり、1.4 nmよりも大きくなると、ノイズ特性が悪化するためである。一方、遷移金属からなる層の厚さも貴金属元素からなる層と同様であり、その厚さは、好ましくは0.1 nm以上0.6 nm以下の範囲であり、より好ましくは0.1 nm以上0.4 nm以下の範囲である。これらの遷移金属層と貴金属層は、垂直磁性膜4においてどちらを最上層としてもかまわないが、最下層には貴金属層を配することが好ましい。

尚、垂直磁性膜4の膜厚は、目的とする再生出力によって適宜最適化すればよいが、上記Co合金を用いる場合と、多層構造の磁性膜を用いる場合のいずれにおいても、厚すぎるとノイズ特性が悪化する、分解能が低下する等の問題があるので、実用上は3 nm～100 nm程度であることが好ましい。

#### 【0027】

上記配向制御膜3と、垂直磁性膜4との間には非磁性の元素からなる非磁性中間膜を設けることができる。このような構成とするならば、垂直磁性膜4の配向性を向上させて保磁力を向上させることができる。

この非磁性中間膜には、特に限定されるものではないが、非磁性のCoCr合金や、CoCr合金にTa、Zr、Nb、Pt、Cu、Re、Ru、Ni、Mn、Ge、Si、O、N、Bから選ばれる1種または2種以上の元素を添加した合金を用いることができる。あるいは、CoとTa、Zr、Nb、Pt、Cu、Re、Ru、Ni、Mn、Ge、Si、O、N、Bから選ばれる1種または2種以上の元素とを合金化して非磁性合金としたものを用いることもできる。

この非磁性中間膜の膜厚は、厚すぎると垂直磁性膜4と軟磁性下地膜2との距離が大きくなることにより分解能が低下し、ノイズ特性が悪化するので20 nm以下とすることが好ましく、10 nm以下とすることがより好ましい。

#### 【0028】

保護膜5は、垂直磁性膜4の腐食を防ぐとともに、ヘッドが媒体に接触したときに媒体表面の損傷を防ぎ、かつヘッドと媒体の間の潤滑特性を確保するためのもので、従来公知の材料を使用することが可能であり、例えばC、SiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>の単一組成、またはこれらを主成分とし他元素を含むものが使用可能である。この保護膜4の厚さは、1 nm以上10 nm以下の範囲とされることが望ま

しい。

また、潤滑膜 6 には、パーフルオロポリエーテル、フッ素化アルコール、フッ素化カルボン酸など公知の潤滑剤を使用することができる。その種類および膜厚は、使用される保護膜や潤滑剤の特性に応じて適宜最適な厚さに調整することが好ましい。

#### 【 0 0 2 9 】

以上の構成の本実施形態の磁気記録媒体の特徴的な点は、軟磁性下地膜 2 が図 1 に示す多層構造を成しており、この軟磁性下地膜 2 に含まれる軟磁性層 2 1 ( a ) が非磁壁構造材料から構成されている点である。このような構造とすることにより、軟磁性下地膜 2 を構成する軟磁性層 2 1 ( a ) が非磁壁構造となり、その結果、軟磁性層 2 1 ( b ) の内部の基板面内方向に巨大な磁区が形成されるのを防ぐことができる。従って、磁壁から発生するスパイクノイズが発生するのを防ぐことができるので、記録再生時のエラーレートを十分に低くすることができる。この作用について、図 3 を用いて以下に説明する。図 3 ( A ) は分離層として反強磁性結合構造を形成する材料を用いた場合、図 3 ( B ) は分離層として軟磁性材料を用いた場合を示す部分断面構成図である。

#### 【 0 0 3 0 】

まず、分離層 2 2 a として反強磁性結合構造を形成する材料を用いる場合を考える。図 3 ( A ) の部分断面構成図に示すように、分離層 2 2 a の下側 ( 基板 1 側 ) に配された非磁壁構造材料からなる軟磁性層 2 1 a は非磁壁構造となり、その軟磁性層 2 1 a と、上側 ( 垂直磁性膜側 ) に配された軟磁性層 2 1 b の磁化の方向は、それぞれ分離層 2 2 a を挟んで互いに面内で逆向きになるように形成される。これにより、軟磁性層 2 1 a と軟磁性層 2 1 b の磁化方向は、互いに逆向きになるように固定されるので、巨大な磁区の発生を防ぐことができる。さらに、本実施形態の磁気記録媒体では、さらに非磁壁構造材料からなる層 ( 軟磁性層 2 1 a ) が設けられているので、磁区の発生をより効果的に抑制することができる。特に、基板外端部および内端部など磁区の磁気エネルギーが不安定な箇所での磁区の発生を抑えるのに効果が大きい。

また、軟磁性層 2 1 b と軟磁性層 2 1 a の磁化が互いに逆向きであることによ

り、軟磁性層 21a、21b の磁化が相殺されて磁気ヘッドにはこれら軟磁性層 21a、21b の磁化が検出されない。すなわち、軟磁性層 21a、21b の磁化を起因とするノイズが磁気ヘッドに検出されないので、磁気記録媒体の記録再生特性が向上する。特に、軟磁性層の磁化方向が基板半径方向の外周向きあるいは中心向きのいずれかである好ましい。このようにすることにより、ヘッド走行方向の透磁率が向上するので、記録再生特性を改善することができる。

#### 【0031】

次に、分離層 22b として軟磁性層材料を用いる場合を考える。図 3 (B) の部分断面構成図に示すように、分離層 22b の下側（基板 1 側）に配された非磁壁構造材料からなる軟磁性層 21c は非磁壁構造となり、その軟磁性層 21c と、上側（垂直磁性膜 4 側）に配された軟磁性層 21d の磁化方向は、上記分離層として反強磁性材料を用いる場合のように互いに逆向きに固定されない。しかしながら、分離層 22b と、軟磁性層 21c、21d は、異なる材料によって構成されているため、軟磁性層 21c と軟磁性層 21d との間の磁氣的な相互作用が分離層 22b によって分断される。これにより、軟磁性層 21c と軟磁性層 21d とが協働して巨大な磁区を形成するのを防ぐことができるので、この磁区の境界の磁壁によるスパイクノイズの発生を防ぐことができる。

特に、分離層 22b として磁区を形成しない FeAlSi、FeTa<sub>2</sub>N、FeTaC などの材料を用いるならば、より効果的に軟磁性層 21c、21d での磁区の形成を抑えることが可能である。

#### 【0032】

また、図 3 (A) に示す反強磁性結合構造を成して構成された軟磁性下地膜においては、図 3 (A) に示す軟磁性層 21a、21b の膜厚は、必ずしも同じ厚さとする必要はない。すなわち、図示下側（基板 1 側）の軟磁性層 21a の膜厚を図示上側（配向制御膜 3 側）の軟磁性層 21b の膜厚よりも薄く（または厚く）形成することができる。例えば、軟磁性層 21a と軟磁性層 21b に同じ材料を用いる場合には、軟磁性層 21a は軟磁性層 21b よりも薄く形成することが好ましい。これは、分離層 22a を挟んで対向する 2 つの軟磁性層 21a、21b において、反強磁性結合構造を構成する分離層 22a からの深さがこれらの軟

磁性層 2 1 a、2 1 b によって異なるためである。具体的には、軟磁性層 2 1 b 中に形成される反強磁性結合構造の分離層 2 2 a からの深さは、分離層 2 2 a 上に配された軟磁性層 2 2 b 中に形成される反強磁性結合構造の分離層 2 2 a からの深さよりも浅くなる。

上記構成では、基板 1 側に非磁壁構造材料を用いた軟磁性層（軟磁性層 2 1 a、2 1 c）を設けたが、配向制御膜 3 側に非磁壁構造材料からなる軟磁性層を設けても同様の効果を得ることができる。

### 【 0 0 3 3 】

上記軟磁性下地膜 2 の最表面（配向制御膜 3 側の面）は、上記軟磁性下地膜 2 を構成する材料が部分的、あるいは完全に酸化されて構成されていることが好ましい。つまり、軟磁性下地膜 2 の表面（図 1 中、配向制御膜 3 側の面）およびその近傍に、軟磁性下地膜 2 を構成する材料（例えば Fe Ta C や、Co Z r など）が部分的に酸化されるか、若しくは前記材料の酸化物を形成して配されていることが好ましい。このような構成とするならば、軟磁性下地膜 2 上に形成される配向制御膜 3 の結晶粒を微細化して記録再生特性の改善効果を得ることができる。

また、軟磁性下地膜 2 の最上層が軟磁性材料から構成される層である場合には、この軟磁性材料の表面の磁気的な揺らぎを抑えることができるので、この揺らぎに起因するノイズを低減して磁気記録媒体の記録再生特性を改善することができる。

### 【 0 0 3 4 】

この軟磁性下地膜 2 表面の酸化された部分は、例えば軟磁性下地膜 2 を形成した後、酸素を含む雰囲気曝す方法や、軟磁性下地膜 2 の表面に近い部分を成膜する際のプロセスガス中に酸素を導入する方法により形成することができる。具体的には、軟磁性下地膜 2 の表面を酸素に曝す場合には、酸素単体、あるいは酸素をアルゴンなどの希ガスで希釈したガス雰囲気中に 1 秒～20 秒程度保持しておけばよい。特に酸素をアルゴン等の希ガスで希釈したガスを用いる場合には、軟磁性下地膜 2 表面の酸化の度合いの調整が容易になるので、安定した製造を行うことができる。また、軟磁性下地膜 2 の成膜用のプロセスガスに酸素を導入する

場合には、例えば成膜法としてスパッタ法を用いるならば、成膜時間の一部のみ  
に酸素を導入したプロセスガスを用いてスパッタを行えばよい。このプロセスガ  
スとしては、例えばアルゴンに酸素を体積率で0.05%~10%程度混合した  
ガスが好適に用いられる。

## 【0035】

## (第2の実施形態)

上記では、2層の軟磁性層21と、1層の分離層22とからなる軟磁性下地膜  
2について説明したが、軟磁性下地膜2は、n層(nは3以上)の軟磁性層21  
とそのうち1層以上が非磁壁構造材料からなるものとし、これら複数の軟磁性層  
21に挟まれるように配された(n-1)層の分離層22とからなる構成とする  
こともできる。このような構成を図4および図5を参照して以下に詳細に説明す  
る。

図4は、本発明の第2の実施形態である磁気記録媒体の部分断面構造の一例を  
模式的に示す図である。この図に示す磁気記録媒体が、図1に示す第1の実施形  
態の磁気記録媒体と異なる点は、軟磁性膜2が3層の軟磁性層21と、これら軟  
磁性層21に挟まれた2層の分離層22とから構成されている点である。尚、図  
4に示す構成要素のうち、図1に示す構成要素と同一のものには、同一の符号を  
付してその詳細な説明は省略する。

## 【0036】

図4に示すように、本実施形態の磁気記録媒体においては、基板1側から軟  
磁性層21、分離層22、軟磁性層21a、分離層22、軟磁性層21が順次積  
層されて軟磁性下地膜2が形成されている。この軟磁性下地膜2の少なくとも1  
つ以上は非磁壁構造材料からなるものである。このような構成とすることにより  
、例えば分離層22を先述の反強磁性材料からなる層とするならば、図4に示す  
ように分離層22を挟んで対向する軟磁性層21、21aの磁化方向を基板1の  
面内において互いに逆向きとすることができる。従って、分離層22を挟んで配  
された2つの軟磁性層21、21aの磁化が互いに相殺されて軟磁性層21、2  
1aに起因する媒体ノイズを低減することができる。特に、軟磁性層の磁化方向  
が基板半径方向の外周向きあるいは中心向きのいずれかである好ましい。このよ

うにすることにより、ヘッド走行方向の透磁率が向上するので、記録再生特性を改善することができる。

## 【0037】

また、分離層22は、上記第1の実施形態と同様に軟磁性材料を用いて構成することができる。この分離層22に用いることができる軟磁性材料は先述の通りであり、軟磁性層21と異なる材料であれば問題なく使用することができる。

図4に示す場合も、軟磁性下地膜2が非磁壁構造材料からなる軟磁性層を含んでいるので、上記同様に分離層22を挟んで対向する軟磁性層21、21aが協働して巨大な磁区を形成するのをより効果的に防ぐことができる。これにより、記録再生時のスパイクノイズによるエラーレートの低下を防止することができる。

## 【0038】

さらに、軟磁性下地膜2は、図5の部分断面構成図に示すように、複数の軟磁性層21と、これら軟磁性層21に挟まれて形成された分離層22とが積層された構造とすることもできる。そして、この場合も上記軟磁性層21のうち1つ以上は非磁壁構造材料からなるものである。

このような構造とするならば、分離層22によって形成される反強磁性結合構造による軟磁性層21内の磁化を、より強固に基板面内方向に向けることができる。これは、図5に示す軟磁性膜2は、図4に示す構成の軟磁性膜2よりも軟磁性層21を薄く形成することができるので、分離層22によって反強磁性結合構造を形成する軟磁性層21の厚さも薄くなる。これにより分離層22による軟磁性層21の磁化を固定する効果が、分離層22からの距離が離れることにより薄れることがないためである。

また、図5に示す形態の磁気記録媒体においても分離層22を挟んで対向する軟磁性層21の磁化が相殺されることによる媒体ノイズ低減効果が得られることはもちろんである。特に、軟磁性層の磁化方向が基板半径方向の外周向きあるいは中心向きのいずれかである好ましい。このようにすることにより、ヘッド走行方向の透磁率が向上するので、記録再生特性を改善することができる。

## 【0039】



また、図 4 および図 5 に示す構成の軟磁性下地膜 2 においても、軟磁性層 2 1 の膜厚は上記第 1 の実施形態と同様に、軟磁性層 2 1 を構成する材料の飽和磁束密度  $B_s$  (T) と、軟磁性層 2 1 の膜厚  $t$  (nm) の積  $B_s \cdot t$  (T · nm) が、3 (T · nm) 以上の範囲とすることが好ましい。すなわち、 $B_s \cdot t$  を 4 0 (T · nm) とするならば、飽和磁束密度が 1 (T) の軟磁性材料を用いる場合には、軟磁性層 2 1 の一層あたりの膜厚は 4 0 (nm) とすればよい。このような範囲が好ましいとする理由は先に記載の通りである。

また、分離層 2 2 の膜厚も上記第 1 の実施形態と同様、この分離層 2 2 を構成する材料によって適宜最適な膜厚が選択される。

#### 【0040】

本実施形態の磁気記録媒体においても、図 4 および図 5 に示す軟磁性下地膜 2 の最上層は、軟磁性層 2 1 であっても、分離層 2 2 であっても良い。ただし、分離層 2 2 に反強磁性材料を用いる場合には、分離層 2 2 を挟んで対向する軟磁性層 2 1 の磁化の相殺による媒体ノイズ低減効果をより大きくするために、軟磁性下地膜 2 の最上層には軟磁性層 2 1 が配置されるように積層することが好ましい。

#### 【0041】

また、本実施形態の磁気記録媒体においても軟磁性下地膜 2 の最表面の一部または全面が、酸化された構成とすることができる。このような構成とするならば、軟磁性下地膜 2 上に形成される配向制御層 3 の結晶粒を微細化して媒体ノイズを低減することができる。特に、軟磁性下地膜 2 の最表面に軟磁性層 2 1 が配されている場合には、軟磁性層表面の磁気的な揺らぎを抑えることができるので、この揺らぎに起因する媒体ノイズを低減することができる。

#### 【0042】

##### (第 3 の実施形態)

次に、本発明の第 3 の実施形態を図面を参照して説明する。図 6 は、本発明の第 3 の実施形態である磁気記録媒体の構造を模式的に示す断面構成図である。図 6 に示す本発明の磁気記録媒体が上記第 1 の実施形態の磁気記録媒体と異なる点は、垂直磁性膜 4 と保護膜 5 との間に軟磁性材料からなる磁化安定化膜 7 が設け

られている点である。尚、図6に示す構成要素のうち、図1と同一の構成要素には同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

#### 【0043】

磁化安定化膜7は、上記垂直磁性膜4あるいは垂直磁性膜4上に形成された分離層（後述する）上に形成された軟磁性材料からなる膜である。この磁化安定化膜7を構成する材料としては、Feを60原子%以上含有する合金を用いることができる。具体的には、特に限定されるものではないが、FeCo系合金（FeCo、FeCoVなど）、FeNi系合金（FeNi、FeNiMo、FeNiCr、FeNiSiなど）、FeAl系合金（FeAl、FeAlSi、FeAlSiCr、FeAlSiTiRuなど）、FeCr系合金（FeCr、FeCrTi、FeCrCuなど）、FeTa系合金（FeTa、FeTaCなど）、FeC系合金、FeN系合金、FeSi系合金、FeP系合金、FeNb系合金、FeHf系合金、などを挙げることができる。

また、磁化安定化膜7を構成する材料としては、FeAlO、FeMgO、FeTa<sub>2</sub>N、FeZrNなどの微細結晶、あるいは微細な結晶粒がマトリクス中に分散されたグラニューラー構造を有する膜を用いることができる。

あるいはまた、磁化安定化膜7には、上記のほかCoを80原子%以上含有し、Zr、Nb、Ta、Cr、Mo等のうち少なくとも1種以上を含有するCo合金を用いることができる。例えば、CoZr、CoZrNb、CoZrTa、CoZrCr、CoZrMoなどを好適なものとして挙げることができる。磁化安定化膜7としてアモルファス構造のものを挙げることができる。

#### 【0044】

この磁化安定化膜7は、その飽和磁束密度が0.4T以上であることが好ましい。これは、飽和磁束密度が0.4Tより小さい場合には、垂直磁性膜4表面の磁束の揺らぎを抑えるために過大な膜厚が必要になるためである。また、この磁化安定化膜7の保磁力は可能な限り小さくすることが好ましいが、実用的には200(Oe) ( $15.8 \times 10^3 \text{ A/m}$ ) より小さくすればよい。

磁化安定化膜7の膜厚は、磁化安定化膜7を構成する材料の飽和磁束密度によって最適な厚さとされる。具体的には、この磁化安定化膜7を構成する材料の飽

和磁束密度  $B_s$  (T) と、磁化安定化膜 7 の膜厚  $t$  (nm) の積である  $B_s \cdot t$  (T · nm) が、0.5 (T · nm) 以上、7.2 (T · nm) 以下の範囲とされることが好ましく、0.5 (T · nm) 以上、3.6 (T · nm) であることがより好ましい。すなわち、 $B_s \cdot t$  を 2 (T · nm) とし、飽和磁束密度が 1 (T) の軟磁性材料を用いる場合には、磁化安定化膜 7 の膜厚は 2 (nm) とすればよい。

また、磁化安定化膜 7 は保護膜 5 の直下に形成されるものであるので、その表面粗さ ( $R_a$ ) が、ヘッド浮上量に影響する。従って、高密度記録に必要なヘッド浮上高さからその表面粗さ ( $R_a$ ) は 2 nm より小さいことが好ましい。

#### 【0045】

また、磁化安定化膜 7 の表面 (図示保護膜 5 側の面) は、その一部または全面が酸化された構成とすることができる。つまり、磁化安定化膜 7 の表面またはその近傍に配された磁化安定化膜 7 を構成する材料が、一部酸化されているか、若しくは上記材料の酸化物を形成している構成とすることができる。このような構成とするならば、磁化安定化膜 7 と保護膜 5 との界面近傍における磁化の揺らぎを低減することができるので、ノイズ特性を向上させることができる。

この磁化安定化膜 7 表面の酸化は、上記軟磁性下地膜 2 と同様の手法により行うことができる。すなわち、酸素または酸素を含む雰囲気中に磁化安定化膜 7 の表面を曝す方法や、希ガスに酸素を添加したプロセスガスによって磁化安定化膜 7 の表面部を成膜する方法によって形成することができる。

#### 【0046】

上記のように、垂直磁性膜 4 と、保護膜 5 との間に磁化安定化膜 7 を設けた構成とすることにより、耐熱減磁性や再生出力を向上させることができる。これは、垂直磁性膜 4 の表面に存在する磁束の揺らぎをこの磁化安定化膜 7 が吸収することによるものである。また、この磁化安定化膜 7 が設けられていることにより、垂直磁性膜 4 の基板 1 法線方向の磁化と、軟磁性下地膜 2 および磁化安定化膜 7 の面内方向の磁化が、閉磁路を形成する。この作用により、垂直磁性膜 4 の磁化がより強固に固定されるので、耐熱減磁特性に優れる磁気記録媒体とすることができる。

## 【 0 0 4 7 】

また、磁化安定化膜 7 は、特に C V D 法や、イオンビーム法によって形成されたカーボン膜を保護膜 5 に適用する場合に格別な効果を奏するものである。つまり、上記 C V D カーボン膜やイオンビームカーボン膜を保護膜 5 とする場合には、通常のカーボン薄膜よりも硬度に優れるものであるので、その膜厚を薄くして垂直磁性膜 4 と磁気ヘッドとの距離を小さくすることができる。しかしながら、その一方でこれらの薄膜はいわゆる D L C (ダイヤモンドライクカーボン) 膜であり、絶縁体であるためにその表面が極めて帯電しやすくなっている。そして、この表面に滞留した電荷による磁界が垂直磁性膜 4 の磁化を不安定にする可能性がある。

そこで、本発明の磁気記録媒体は磁化安定化膜 7 を備えているため、この保護膜 5 表面の電荷による磁界を磁化安定化膜 7 が遮蔽して、垂直磁性膜 4 の磁化を保護する役割を担う。これにより、本発明の磁気記録媒体は、極めて薄い C V D カーボン膜やイオンビームカーボン膜を保護膜に用いる場合にも耐熱減磁特性を劣化させることがなく、上記保護膜 5 の膜厚が 5 n m 以下と極めて薄く、垂直磁性膜 4 が保護膜 5 表面の電荷の影響を受けやすくなっている場合に本発明に係る磁化安定化膜 7 は特に有効である。

## 【 0 0 4 8 】

尚、図 6 には、2 層の軟磁性層 2 1 とこれらの軟磁性層に挟まれた分離層 2 2 とからなる軟磁性下地膜 2 を有する磁気記録媒体に上記磁化安定化膜 7 を適用した例を示したが、上記第 2 の実施形態の磁気記録媒体のように 3 層以上の軟磁性層 2 1 と、複数の分離層 2 2 からなる軟磁性下地膜 2 を備える磁気記録媒体にもこの磁化安定化膜 7 は適用可能であることはもちろんであり、この場合も上記と同様の優れた効果を得ることができる。

## 【 0 0 4 9 】

## (磁気記録媒体の製造方法)

上記の構成の磁気記録媒体を製造するには、図 1 に示す基板 1 上にスパッタ法などにより軟磁性下地膜 2 を形成し、その後必要に応じてこの軟磁性下地膜 2 の表面に酸化処理を施し、次いで配向制御膜 3、垂直磁性膜 4、保護膜 5 を順次ス

パッタ法などにより成膜する。次いで、ディップコーティング法、スピンコート法などにより潤滑膜 7 を形成する。

尚、上記磁気記録媒体の製造方法においては、必要に応じて基板 1 と軟磁性下地膜 2 との間に硬磁性膜を形成する工程や、配向制御膜 3 と垂直磁性膜 4 との間に非磁性中間膜を形成する工程や、図 6 に示す垂直磁性膜 4 と保護膜 5 との間に磁化安定化膜 7 を形成する工程や、磁化安定化膜 7 の表面を酸化処理する工程を含むこともできる。

#### 【 0 0 5 0 】

上記磁気記録媒体の製造方法において、軟磁性下地膜 2 は、軟磁性層 2 1 の材料からなるターゲットまたは非磁壁構造材料からなるターゲットと、分離層 2 2 の材料からなるターゲットを交互に用いて、それぞれのターゲットの材料を交互にスパッタすることにより成膜することができる。また、軟磁性層 2 1 を、層により異なる材料で構成する場合、例えば、基板 1 側の軟磁性層 2 1 を  $\text{FeAlSi}$  からなる層とし、配向制御膜 3 側の軟磁性層 2 1 を  $\text{CoZrNb}$  からなる層とする場合には、それぞれのターゲットとともに、間に挟まれる分離層 2 2 のターゲットを順次用いてスパッタすることにより成膜することができる。

また、図 4 あるいは図 5 に示す実施形態の磁気記録媒体を製造する場合には、上記軟磁性下地膜 2 を形成する工程を繰り返し行うことにより、図 4 あるいは図 5 に示す軟磁性下地膜 2 を形成することができる。さらに、同様の手法により、軟磁性層 2 1 の材料が層により異なる場合も、異なる材料のターゲットを用いて順次積層することにより軟磁性下地膜 2 を形成することが可能である。

#### 【 0 0 5 1 】

また、上記磁気記録媒体の製造方法において、垂直磁性膜 4 として  $\text{Co}$  または  $\text{Co}$  合金と、 $\text{Pt}$  や  $\text{Pd}$  またはこれらの合金との多層構造の磁性膜を適用する場合には、 $\text{Co}$  または  $\text{Co}$  合金の材料からなる第 1 のターゲットと、 $\text{Pt}$  および／または  $\text{Pd}$  からなる第 2 のターゲットを交互に用いて、それぞれのターゲットの材料を交互にスパッタすることにより垂直磁性膜 4 を構成する。

#### 【 0 0 5 2 】

また、軟磁性下地膜 2 や磁化安定化膜 7 の表面に酸化処理を施す場合には、酸

素、またはアルゴンなどに酸素を混合した混合ガスの雰囲気下に所定の時間保持することにより、軟磁性下地膜 2 や磁化安定化膜 7 の表面の酸化度やこれらの表面への酸素の付着量を調整する。

あるいは、上記軟磁性下地膜 2（軟磁性層 2 1 または分離層 2 2）や磁化安定化膜 7 の成膜後に、これらの成膜に用いられるターゲットと同等のターゲットを用いて、プロセスガスとして希ガス（アルゴンなど）に酸素を混合したガスを用いてスパッタすることにより、軟磁性下地膜 2 や磁化安定化膜 7 上に、酸素を含有する層を形成しても良い。

あるいはまた、上記軟磁性下地膜 2 や磁化安定化膜 7 の成膜中に、特定の時間のみプロセスガスに酸素を混入させてもよい。具体的には、例えば軟磁性下地膜 2 をアルゴンによるスパッタで成膜する場合には、成膜時間の一部（例えば成膜終了前の 1 秒間）にのみアルゴンに酸素を混入させてスパッタを行えばよい。

#### 【 0 0 5 3 】

保護膜 5 の形成方法としては、カーボンターゲットを用いたスパッタや、CVD 法、イオンビーム法を用いてカーボン膜を形成する方法を用いることができる。また、 $\text{SiO}_2$  や  $\text{ZrO}_2$  のターゲットを用いた RF スパッタ、あるいは Si や Zr のターゲットを用いながらプロセスガスとして酸素を含むガスを用いる反応性スパッタにより  $\text{SiO}_2$  や  $\text{ZrO}_2$  の薄膜を形成する方法などを適用することができる。

本発明の磁気記録媒体の製造方法においては、保護膜 5 の成膜法として CVD 法やイオンビーム法を用いることが好ましい。これらの成膜法を用いるならば、極めて硬度の大きい優れた特性を有する保護膜 5 を構成することができるとともに、その膜厚を従来のカーボン膜よりも大幅に薄くすることが可能であるので、垂直磁性膜 4 と情報の記録再生に用いられる磁気ヘッドとの距離を小さくして高密度の記録再生を行うことができる。

#### 【 0 0 5 4 】

##### （磁気記録再生装置）

図 7 は、本発明に係る磁気記録再生装置の一例を示す断面構成図である。この図に示す磁気記録再生装置は、図 1 あるいは図 4 ～ 6 に示す構成の磁気記録媒体

25と、この磁気記録媒体25を回転駆動させる媒体駆動部26と、磁気記録媒体25に対して情報の記録再生を行う磁気ヘッド27と、ヘッド駆動部28と、記録再生信号処理系29とを備える構成である。記録再生信号系29は、入力されたデータを処理して記録信号を磁気ヘッド27に送ったり、磁気ヘッド27からの再生信号を処理してデータを出力することができるようになっている。

## 【0055】

また、本発明の磁気記録再生装置においては、磁気記録媒体25に含まれる保護膜がCVDカーボン膜やイオンビームカーボン膜から構成されていることが好ましい。このような構成とすることにより磁気ヘッド27と磁気記録媒体25の磁性膜とのスペーシングを小さくして高密度の記録再生が可能になる。さらに、磁気記録媒体25に磁化安定化膜が設けられている構成とするならば、耐熱減磁特性に優れ、高い信頼性を備える磁気記録再生装置とすることができる。

## 【0056】

特に、上記磁気再生機録装置において、磁気ヘッド27として単磁極ヘッドを用いるならば、磁気ヘッド27と磁気記録媒体25の間に閉磁路が形成されることにより、磁気ヘッド27から磁気記録媒体25への磁束の出入りの効率が著しく向上し、磁気記録媒体25の垂直磁性膜の磁化を強固に固定することができるので、より高密度の記録再生が可能である。

## 【0057】

## 【実施例】

以下、実施例を用いて本発明の効果を明らかにする。ただし、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

## &lt;実施例1&gt;

まず、洗浄済みのガラス基板（オハラ社製、外径2.5インチ）をDCマグネトロンスパッタ装置（アネルバ社製 C-3010）の成膜チャンバ内に収容し、到達真空度 $2 \times 10^{-7}$  Paとなるまで成膜チャンバ内を排気した後、このガラス基板上に86Fe-9Al-5Siのターゲットを用いて100℃以下の基板温度で60nmの軟磁性層をスパッタリングにより成膜した。続いて、上記軟磁性層上にRuターゲットを用いて分離層を0.8nm形成し、さらに89Co-

4 Z r - 7 N b ターゲットを用いて 6 0 n m の軟磁性層を積層形成した。

次いで、基板を 2 0 0 ° C まで加熱し、上記軟磁性下地膜上に、5 0 N i - 5 0 A l ターゲットを用いて 8 n m、R u ターゲットを用いて 2 0 n m の積層構造の配向制御膜を形成し、その後、6 2 C o - 2 0 C r - 1 4 P t - 4 B ターゲットを用いて 3 0 n m の垂直磁性膜を形成した。尚、上記スパッタリング工程においては、成膜用のプロセスガスとしてアルゴンを用い、圧力 0. 5 P a にて成膜した。

次いで、CVD法により 5 n m の D L C 膜からなる保護膜を形成した。

次いで、保護膜 6 上にパーフルオロポリエーテルからなる潤滑膜をディップコーティング法により 2 n m 形成した。以上の工程により実施例 1 の磁気記録媒体を得た。

#### 【 0 0 5 8 】

##### < 実施例 2 ~ 4 >

次に、実施例 2 ~ 4 として、軟磁性層の材料を下表に示す構成とした以外は、上記実施例 1 と同様の構成、および作製工程にて磁気記録媒体を作製した。

#### 【 0 0 5 9 】

##### < 比較例 1 >

次に、比較例 1 として、軟磁性層に非磁壁構造材料を用いなかったこと以外は、上記実施例 1 と同様にして磁気記録媒体を作製した。

##### < 比較例 2、3 >

次に、比較例 2、3 として、軟磁性下地膜を軟磁性層の単層構造とし、その飽和磁束密度と膜厚の積  $B_s \cdot t$  ( T · n m ) がそれぞれ 1 2 0 ( T · n m )、6 0 ( T · n m ) となるように、8 9 F e - 9 A l - 5 S i ターゲットを用いて成膜した以外は上記実施例 1 と同様にして磁気記録媒体を作製した。

#### 【 0 0 6 0 】

上記実施例 1 ~ 4 および比較例 1 ~ 3 の磁気記録媒体について、記録再生特性および熱減磁特性の評価を行った。電磁変換特性の評価は、G U Z I K 社製リードライトアナライザ R W A - 1 6 3 2、スピンスタンド S 1 7 0 1 M P を用いて行った。また、記録再生用のヘッドには単磁極ヘッドを用い、エラーレート測定



の線記録密度を 6 0 0 k F C I とした。

また、熱減磁特性の評価は、基板を 7 0 ° C に加熱して線記録密度 5 0 k F C I にて書き込みを行った後、書き込み 1 秒後の再生出力に対する出力の低下率 ( % / d e c a d e ) を、 $(S_0 - S) \times 100 / (S_0 \times 3)$  に基づいて算出した。この式において  $S_0$  は磁気記録媒体に信号記録後 1 秒経過時の再生出力を示し、 $S$  は 1 0 0 0 秒後の再生出力を示す。

【 0 0 6 1 】

上記の測定結果を表 1 に示す。表 1 に示すように本発明の要件を満たす実施例 1 ~ 4 の磁気記録媒体は、スパイクノイズの発生が無かったのに対して、比較例 1 の磁気記録媒体ではスパイクノイズが確認され、エラーレートの低下が見られた。また、比較例 2、3 の磁気記録媒体は、スパイクノイズはみられなかったものの、媒体ノイズが大きく、これによるエラーレートの低下がみられた。

【 0 0 6 2 】

【表 1】

	軟磁性層1(基板側)		分離層		軟磁性層2		エラーレート (10 <sup>x</sup> )	スパイクノイズ 発生(有/無)
	材料(at%)	Bs·t(T·nm)	材料(at%)	厚さ(nm)	材料(at%)	Bs·t(T·nm)		
実施例1	86Fe9Al5Si	60	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	60	-5.8	無し
実施例2	80Fe10Ta10C	60	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	60	-5.9	無し
実施例3	80Fe10Ta10N	60	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	60	-6.1	無し
実施例4	86Fe9Al5Si	60	Ru	0.8	86Fe9Al5Si	60	-5.0	無し
比較例1	89Co4Zr7Nb	60	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	60	-5.2	有り
比較例2	86Fe9Al5Si	120	-	-	-	-	-2.8	無し
比較例3	86Fe9Al5Si	60	-	-	89Co4Zr7Nb	60	-3.2	無し

【0063】

<実施例 5、6>

次に、軟磁性下地膜の分離層を、表 2 に示す軟磁性材料で構成した以外は、上記実施例 1 と同様にして磁気記録媒体を作製した。

上記実施例 5、6 の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。その結果を表 2 に示す。この表に示すように、分離層として軟磁性材料を用いた場合も、スパイクノイズは確認されず、優れたエラーレートが得られた。

【 0 0 6 4 】

【表 2】

	軟磁性層1(基板側)		分離層		軟磁性層2		エラーレート ( $10^x$ )	スパイクノイズ 発生(有/無)
	材料(at%)	$B_s \cdot t$ (T·nm)	材料(at%)	厚さ(nm)	材料(at%)	$B_s \cdot t$ (T·nm)		
実施例1	86Fe9Al5Si	60	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	60	-5.8	無し
実施例5	86Fe9Al5Si	60	80Fe10Ta10C	2	89Co4Zr7Nb	60	-4.9	無し
実施例6	80Fe10Ta10N	60	80Fe10Ta10N	2	89Co4Zr7Nb	60	-4.9	無し

【 0 0 6 5 】

< 実施例 7 >

次に、基板側に非磁壁構造材料を用いた軟磁性層を設け、配向制御膜側に軟磁性層を設けた 2 層構造とした以外は、上記実施例 1 と同様にして磁気記録媒体を作製した。表 3 に軟磁性下地膜の構成を示す。

上記実施例 7 の磁気記録媒体について記録再生特性を評価した。その結果を表 3 に示す。この表に示すように、分離層として軟磁性材料を用いた場合も、スパイクノイズは確認されず、優れたエラーレートを得られた。

【 0 0 6 6 】

【表 3】

	軟磁性層1(基板側)		分離層		軟磁性層2		エラーレート (10 <sup>x</sup> )	スパイクノイズ 発生(有/無)
	材料(at%)	Bs·t(T·nm)	材料(at%)	厚さ(nm)	材料(at%)	Bs·t(T·nm)		
実施例1	86Fe9Al5Si	60	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	60	-5.8	無し
実施例7	89Co4Zr7Nb	60	Ru	0.8	86Fe9Al5Si	60	-5.5	無し

【 0 0 6 7 】

< 実施例 8 ～ 1 0 >

次に、表 4 に示すように分離層を構成する材料とその膜厚を変化させた以外は、上記実施例 1 と同様にして磁気記録媒体を作製した。

上記実施例 8 ～ 1 0 の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。その結果を表 4 に示す。この表に示すように、分離層の材料を変えた場合も、スパイクノイズは確認されず、優れたエラーレートを得られた。

【 0 0 6 8 】

【表 4】

	軟磁性層 1 (基板側)		分離層		軟磁性層 2		エラーレート (10 <sup>x</sup> )	スパイクノイズ 発生(有/無)
	材料(at%)	Bs·t(T·nm)	材料(at%)	厚さ(nm)	材料(at%)	Bs·t(T·nm)		
実施例 1	86Fe9Al5Si	60	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	60	-5.8	無し
実施例 8	86Fe9Al5Si	60	Ir	0.3	89Co4Zr7Nb	60	-6.3	無し
実施例 9	86Fe9Al5Si	60	Rh	0.6	89Co4Zr7Nb	60	-6.1	無し
実施例 10	86Fe9Al5Si	60	Ru15Co	0.8	89Co4Zr7Nb	60	-5.8	無し



【 0 0 6 9 】

< 実施例 1 1 ~ 1 3 >

次に、表 5 に示すように、基板側に非磁壁構造材料を用いた軟磁性層を設け、配向制御膜側に他の軟磁性層を設けた構成とし、それぞれの軟磁性層の膜厚を変化させた以外は、上記実施例 1 と同様にして磁気記録媒体を作製した。

上記実施例 1 1 ~ 1 3 の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。その結果を表 5 に示す。この表に示すように、各軟磁性層の膜厚を変化させた場合も、スパイクノイズは確認されず、優れたエラーレートが得られた。

【 0 0 7 0 】

【表 5】

	軟磁性層1(基板側)		分離層		軟磁性層2		エラーレート (10 <sup>-*</sup> )	スパイクノイズ 発生(有/無)
	材料(at%)	Bs·t(T·nm)	材料(at%)	厚さ(nm)	材料(at%)	Bs·t(T·nm)		
実施例1	86Fe9Al5Si	60	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	60	-5.8	無し
実施例11	86Fe9Al5Si	140	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	140	-5.2	無し
実施例12	86Fe9Al5Si	200	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	200	-4.2	有り
実施例13	86Fe9Al5Si	60	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	60	-5.8	無し

【 0 0 7 1 】

< 実施例 1 4、1 5 >

次に、軟磁性層の成膜中に基板半径方向の外周向きあるいは中心向きに磁界を印加して、軟磁性層の磁化方向を基板半径方向の外周向きあるいは中心向きとした以外は、上記実施例 1 と同様にして磁気記録媒体を作製した。

上記実施例 1 4、1 5 の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。その結果を表 6 に示す。この表に示すように、軟磁性膜の磁化方向を反平行にし、かつ磁化方向を基板半径方向の外周向きあるいは中心向きにした場合も、スパイクノイズは確認されず、優れたエラーレートが得られた。

【 0 0 7 2 】

【表 6】

	軟磁性層1(基板側)		分離層		軟磁性層2		エラー レート (10 <sup>-3</sup> )	スパイク ノイズ (有/無)
	材料 (at%)	Bs·t (T·nm)	磁化方向	材料 (at%)	厚さ (nm)	材料 (at%)	Bs·t (T·nm)	磁化方向
実施例1	86Fe9Al5Si	60	-	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	60	-
実施例14	86Fe9Al5Si	60	外周方向	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	60	中心方向
実施例15	86Fe9Al5Si	60	中心方向	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	60	外周方向

【 0 0 7 3 】

< 実施例 1 6、 1 7 >

次に、表 7 に示すように、基板側に非磁壁構造材料を用いた軟磁性層を設け、配向制御膜側に他の軟磁性層を設けた構成とし、上記 2 つの軟磁性層を異なる膜厚とした以外は、上記実施例 1 と同様にして磁気記録媒体を作製した。

上記実施例 1 6、 1 7 の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。その結果を表 7 に示す。この表に示すように、2 つの軟磁性層の膜厚を互いに異ならしめた場合も、スパイクノイズは確認されず、優れたエラーレートが得られた。

【 0 0 7 4 】

【表 7】

	軟磁性層 1 (基板側)		分離層		軟磁性層 2		エラーレート ( $10^x$ )	スパイクノイズ 発生(有/無)
	材料(at%)	Bs·t(T·nm)	材料(at%)	厚さ(nm)	材料(at%)	Bs·t(T·nm)		
実施例 1	86Fe9Al5Si	60	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	60	-5.8	無し
実施例 14	86Fe9Al5Si	30	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	90	-6.1	無し
実施例 15	86Fe9Al5Si	90	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	30	-5.2	無し

【 0 0 7 5 】

< 実施例 1 8 ~ 2 0 >

次に、表 8 に示すように、軟磁性下地膜に含まれる軟磁性層を 3 層構造とした以外は、上記実施例 1 と同様にして磁気記録媒体を作製した。

上記実施例 1 8 ~ 2 0 の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。その結果を表 8 に示す。この表に示すように、軟磁性下地膜に含まれる軟磁性層を 3 層とした場合も、スパイクノイズは確認されず、優れたエラーレートが得られた。

【 0 0 7 6 】

【表 8】

	軟磁性層1(基板側)		分離層1		軟磁性層2		分離層2		軟磁性層3		エラー レート (10 <sup>-4</sup> )	スパイク ノイズ (有/無)
	材料 (at%)	Bs·t (T·nm)	材料 (at%)	厚さ (nm)	材料 (at%)	Bs·t (T·nm)	材料 (at%)	厚さ (nm)	材料 (at%)	Bs·t (T·nm)		
実施例1	86Fe9Al5Si	60	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	60	-	-	-	-	-5.8	無し
実施例18	86Fe9Al5Si	40	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	40	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	40	-6.4	無し
実施例19	89Co4Zr7Nb	40	Ru	0.8	86Fe9Al5Si	40	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	40	-5.8	無し
実施例20	89Co4Zr7Nb	40	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	40	Ru	0.8	86Fe9Al5Si	40	-5.8	無し



【 0 0 7 7 】

## &lt; 実施例 2 1 &gt;

次に、軟磁性下地膜表面を酸化することによる効果を明らかにするために、表 9 に示す構成の軟磁性下地膜を成膜した後、酸素分圧 0 . 0 5 P a のアルゴン - 酸素混合ガス雰囲気下に保持して軟磁性膜の表面を酸化させた以外は、上記実施例 1 と同様にして磁気記録媒体を作製した。

上記実施例 2 1 の磁気記録媒体について記録再生特性を評価した。その結果を表 9 に示す。この表に示すように、軟磁性膜の表面を酸化させた実施例 2 1 の磁気記録媒体においても、スパイクノイズは確認されず、優れたエラーレートが得られた。これは、酸化処理により軟磁性下地膜表面近傍の磁化の揺らぎが抑えられ、媒体ノイズが低減された効果といえる。

【 0 0 7 8 】

【表 9】

	軟磁性層1(基板側)		分離層		軟磁性層2		表面酸化 (有/無)	エラー レート (10 <sup>x</sup> )	スパイク ノイズ (有/無)
	材料 (at%)	Bs·t (T·nm)	材料 (at%)	厚さ (nm)	材料 (at%)	Bs·t (T·nm)			
実施例1	86Fe9Al5Si	60	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	60	無し	-5.8	無し
実施例21	86Fe9Al5Si	60	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	140	有り	-6.8	無し

【0 0 7 9】

## ＜実施例 2 2＞

次に、垂直磁性膜上に磁化安定化膜を形成することによる効果を明らかにするために、垂直磁性膜上に表 1 0 に示す組成の磁化安定化膜を成膜した以外は、上

記実施例 1 と同様にして磁気記録媒体を作製した。

上記実施例 2 2 の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。その結果を表 1 0 に示す。この表に示すように、磁化安定化膜を設けた実施例 2 2 の磁気記録媒体においても、スパイクノイズは確認されず、優れたエラーレートがえられた。また、耐熱減磁特性も向上した。

【 0 0 8 0 】

【表 10】

	軟磁性層1(基板側)		分離層		軟磁性層2		磁化安定	再生	エラー	スパイク	熱減磁
	材料 (at%)	Bs·t (T·nm)	材料 (at%)	厚さ (nm)	材料 (at%)	Bs·t (T·nm)	化膜Bs·t (T·nm)	出力 (uV)	レート (10%)	ノイズ (有/無)	(%/decade)
実施例1	86Fe9Al5Si	60	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	60	-	1650	-5.8	無し	0.55
実施例22	86Fe9Al5Si	60	Ru	0.8	89Co4Zr7Nb	140	2.4	2010	-6.2	無し	0.42

## 【 0 0 8 1 】

## 【発明の効果】

以上、詳細に説明したように、本発明の磁気記録媒体は、少なくとも軟磁性下地膜と、直上の膜の配向を制御するための配向制御膜と、磁化容易軸が前記非磁性基板に対して主に垂直に配向した垂直磁性膜とを順次備え、前記軟磁性下地膜が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層と、該軟磁性層の間に挟まれた1層以上の分離層とを有する多層構造をなしており、前記軟磁性層のうち少なくとも1層以上が非磁壁構造材料からなる構成としたので、軟磁性下地膜の面内に巨大な磁区が形成されるのを防いで、エラーレートを向上させることができる。

## 【 0 0 8 2 】

次に、上記の磁気記録媒体において、前記分離層をRu、Rh、Re、Ir、Cuから選ばれる1種又は2種以上の元素から構成し、該分離層の膜厚を、好ましくは0.1nm以上5nm以下の範囲とするならば、前記軟磁性下地膜において反強磁性結合構造を形成することができるので、前記軟磁性層の磁化方向を分離層を挟んで互いに逆向きにすることができる。これにより、軟磁性層内部における巨大な磁区の発生を防止できるとともに、軟磁性層の磁化が相殺されて、軟磁性層に起因する媒体ノイズを低減することができる。

## 【 0 0 8 3 】

次に、上記の磁気記録媒体において、前記軟磁性層一層あたりの飽和磁束密度 $B_s$  (T) と、その膜厚 $t$  (nm) の積 $B_s \cdot t$  (T · nm) を3 (T · nm) 以上とするならば、巨大な磁区の形成を抑制してスパイクノイズの発生を抑えた磁気記録媒体とすることができる。

## 【 0 0 8 4 】

次に、上記の磁気記録媒体において、前記軟磁性層の飽和磁束密度を、0.4 T 以上とするならば、記録再生時に磁気ヘッドと前記軟磁性下地膜との間の閉磁路が十分な磁束密度を有して形成されるので、より強固に垂直磁性膜の磁化を固定して、高密度記録に適した磁気記録媒体とすることができる。

## 【 0 0 8 5 】

次に、上記の磁気記録媒体において、前記軟磁性下地膜の垂直磁性膜側の表面

の一部または全面が酸化されている構成とするならば、前記軟磁性下地膜上に形成される配向制御膜の結晶粒径を小さくしてノイズを低減することができる。また、軟磁性層の表面の磁化の揺らぎに起因するノイズを抑えることができるので、ノイズ特性に優れる磁気記録媒体が得られる。

#### 【 0 0 8 6 】

次に、本発明の磁気記録媒体の製造方法は、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性下地膜と、直上に形成される膜の配向性を制御するための配向制御膜と、磁化容易軸が前記非磁性基板に対して主に垂直に配向した垂直磁性膜とを成膜法により積層形成する磁気記録媒体の製造方法において、前記軟磁性下地膜が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層と、該軟磁性層の間に挟まれた 1 層以上の分離層を有する多層構造をなしており、前記軟磁性層のうち少なくとも 1 層以上が非磁壁構造材料からなる構成としたので、巨大な磁区の生成を防止して、スパイクノイズを抑制した磁気記録媒体を容易に製造することができる。

#### 【 0 0 8 7 】

次に、本発明の磁気記録再生装置は、少なくとも非磁性基板と、軟磁性下地膜と、直上の膜の配向を制御するための配向制御膜と、磁化容易軸が前記非磁性基板と主に垂直に配向した垂直磁性膜とを有する磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に対して情報の記録再生を行う磁気ヘッドとを備え、磁気記録媒体の軟磁性下地膜が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層と、該軟磁性層の間に挟まれた 1 層以上の分離層とを有する多層構造を成しており、前記軟磁性層のうち少なくとも 1 層以上が非磁壁構造材料からなる構成としたので、スパイクノイズによるエラーレート低下を防止して高密度の情報の記録再生が可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 図 1 は、本発明の第 1 の実施形態である磁気記録媒体の断面構造を模式的に示す図である。

【図 2】 図 2 は、一般的な単磁極ヘッドの側面模式図である。

【図 3】 図 3 (A)、図 3 (B) は、図 1 に示す磁気記録媒体の要部を拡大して示す部分断面構成図である。

【図 4】 図 4 は、本発明の第 2 の実施形態である磁気記録媒体の断面構造

を模式的に示す図である。

【図 5】 図 5 は、本発明の第 2 の実施形態である磁気記録媒体の断面構造を模式的に示す図である。

【図 6】 図 6 は、本発明の第 3 の実施形態である磁気記録媒体の断面構造を模式的に示す図である。

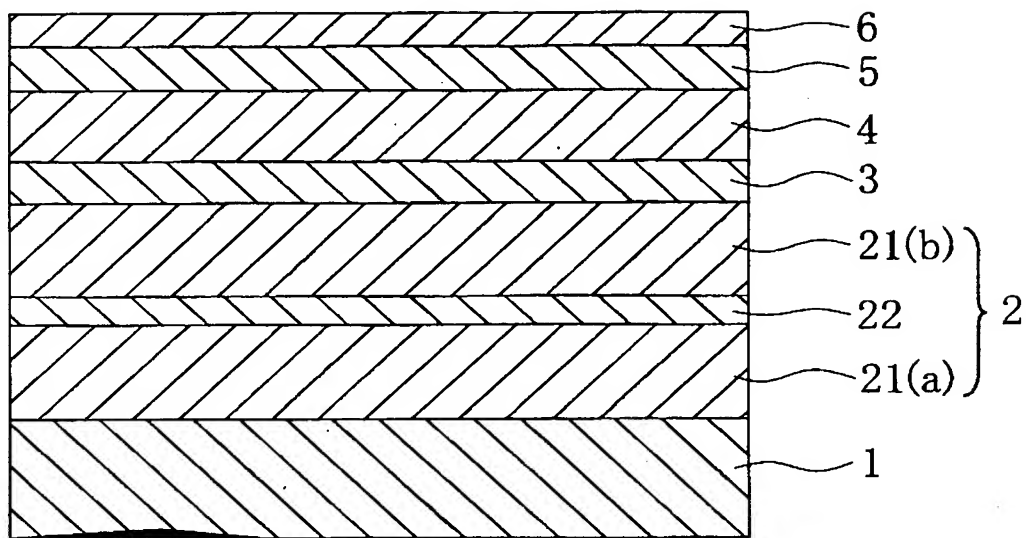
【図 7】 図 7 は、本発明の磁気記録再生装置の構成の一例を示す断面構成図である。

【符号の説明】

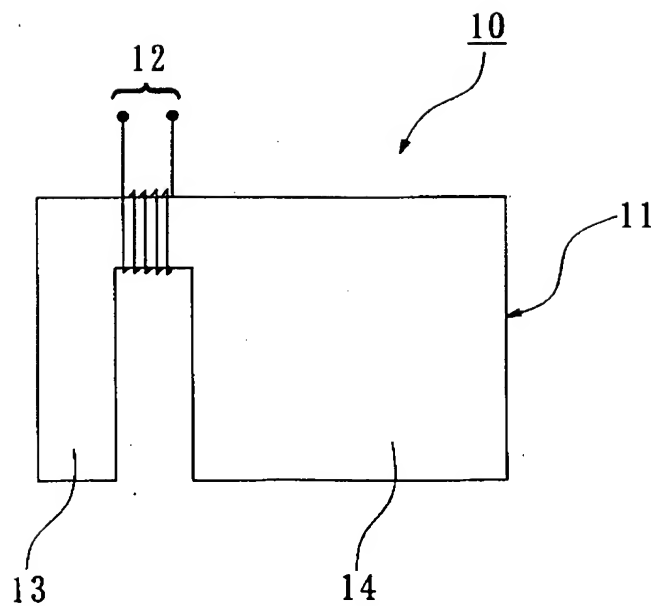
1 . . . (非磁性) 基板、 2 . . . 軟磁性下地膜、 2 1 . . . 軟磁性層、 2 2 . . . 分離層、 3 . . . 配向制御膜、 4 . . . 垂直磁性膜

【書類名】 図面

【図 1】



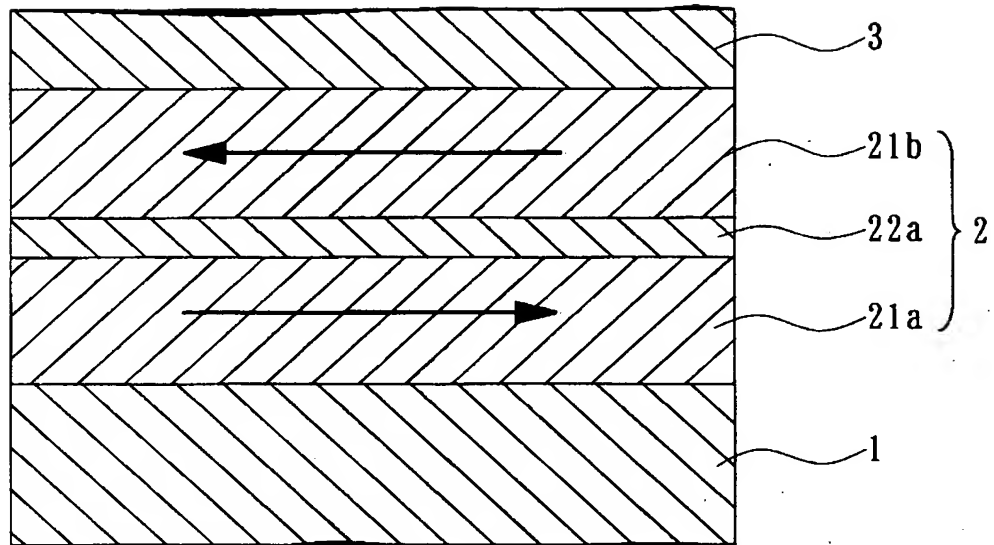
【図 2】



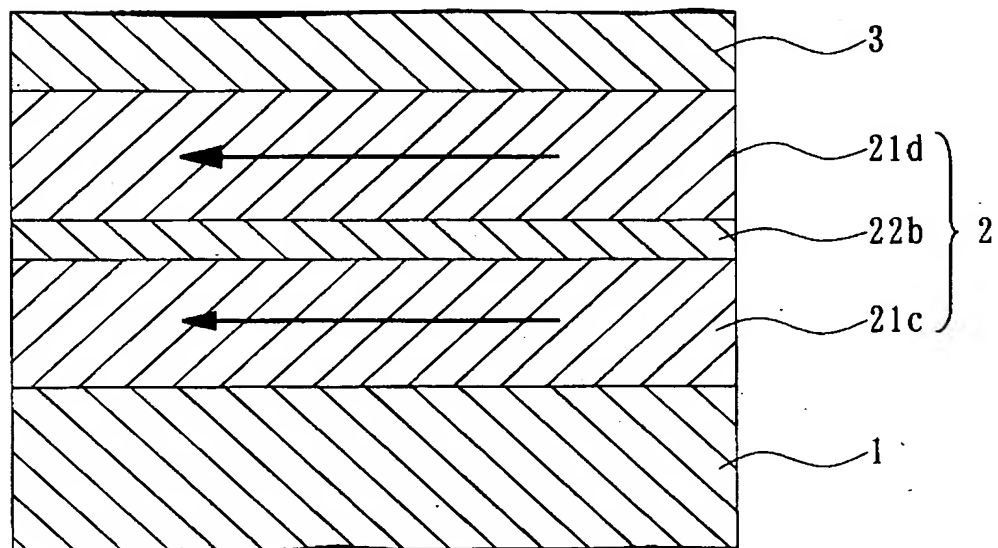


【図3】

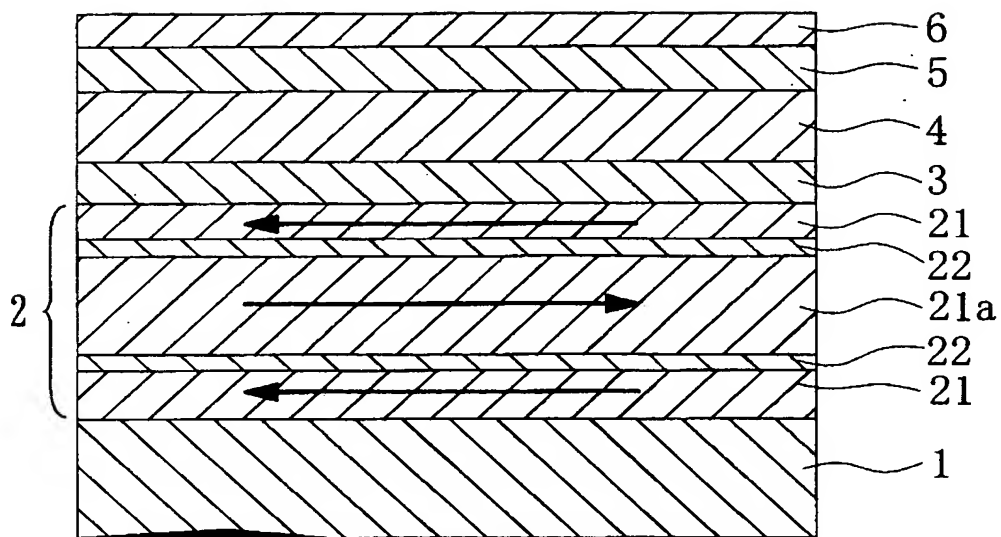
(A)



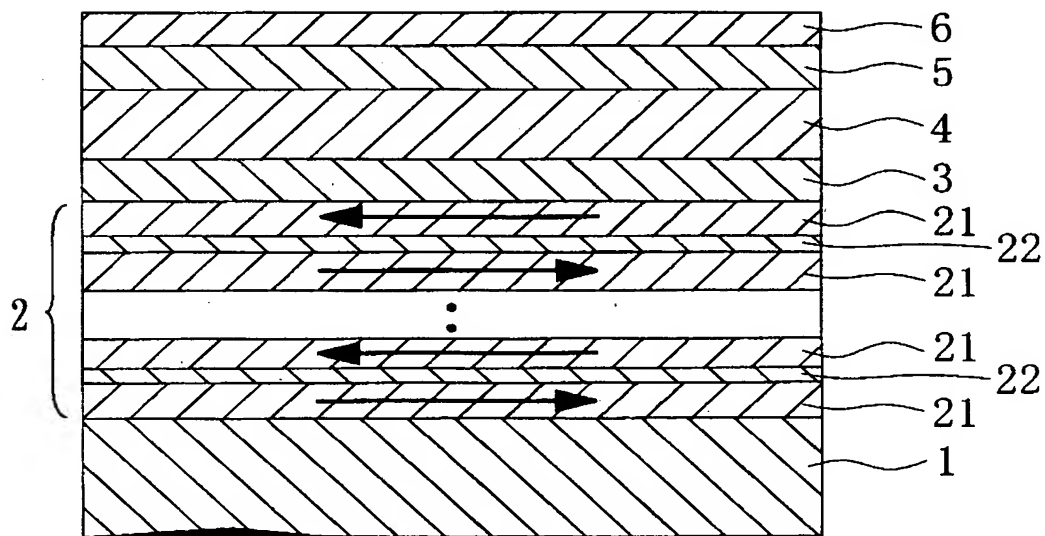
(B)



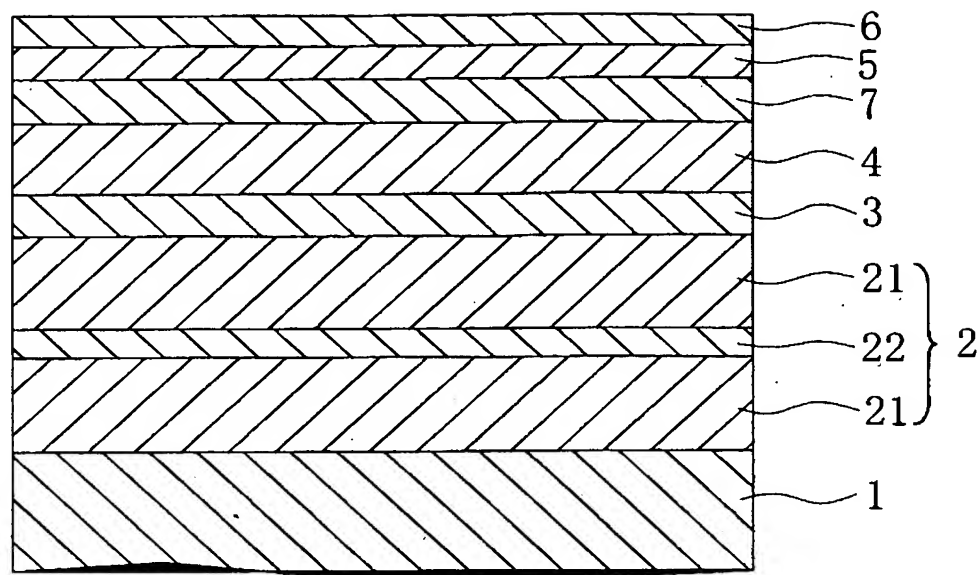
【図4】



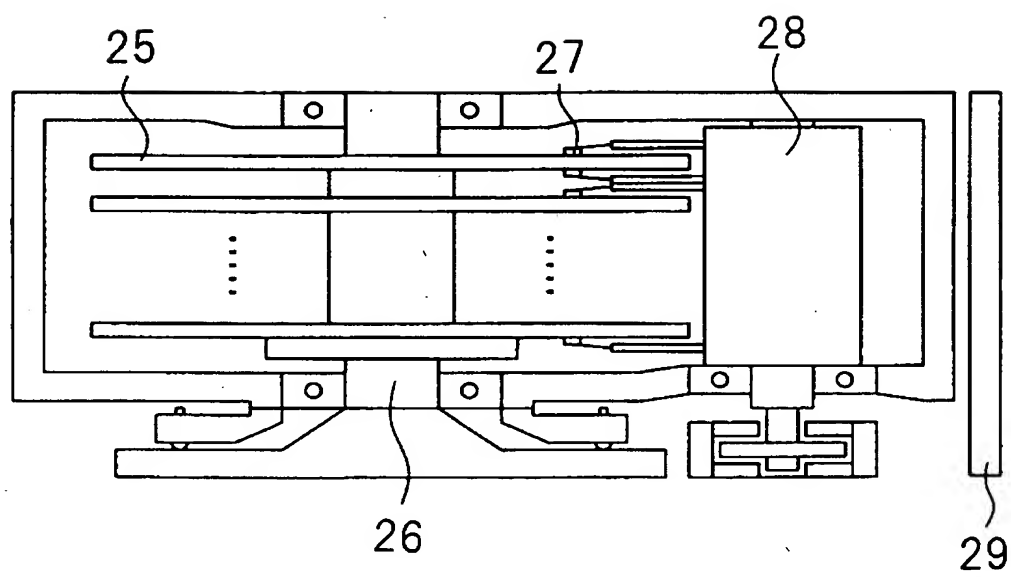
【図5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 スパイクノイズを防止して、エラーレートを向上させた磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置を提供する。

【解決手段】 少なくとも非磁性基板 1 と、軟磁性下地膜 2 と、直上の膜の配向を制御するための配向制御膜 3 と、磁化容易軸が前記非磁性基板と主に垂直に配向した垂直磁性膜 4 とを備え、前記軟磁性下地膜 2 が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層 2 1 (a)、2 1 (b) と、該軟磁性層の間に挟まれた 1 層以上の分離層 2 2 とを有する多層構造を成しており、前記軟磁性層 2 1 (a)、2 1 (b) のうち 1 層以上が非磁壁構造材料からなることを特徴とする磁気記録媒体およびその製造方法、並びに磁気記録再生装置。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 4 0 2 7 7 4
受付番号	5 0 0 0 1 7 0 6 8 8 7
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 3 年 1 月 4 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000002004
【住所又は居所】	東京都港区芝大門 1 丁目 1 3 番 9 号
【氏名又は名称】	昭和電工株式会社

【特許出願人】

【識別番号】	000003078
【住所又は居所】	神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地
【氏名又は名称】	株式会社東芝

【代理人】

申請人

【識別番号】	100064908
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 O R ビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】	100108578
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 O R ビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】	100089037
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 O R ビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】	100101465
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 O R ビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	青山 正和

次頁有

認定・付加情報（続き）

【選任した代理人】

【識別番号】 100094400

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 鈴木 三義

【選任した代理人】

【識別番号】 100107836

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 西 和哉

【選任した代理人】

【識別番号】 100108453

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 村山 靖彦

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002004]

1. 変更年月日	1990年 8月27日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝大門1丁目13番9号
氏 名	昭和電工株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 1990年 8月22日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地  
氏 名 株式会社東芝
2. 変更年月日 2001年 7月 2日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
氏 名 株式会社東芝